

Rechtsmedizin 2011 · 21:493–504
 DOI 10.1007/s00194-011-0772-y
 Online publiziert: 14. September 2011
 © Springer-Verlag 2011

Redaktion
 B. Madea, Bonn



Punkten Sie online auf
CME.springer.de

Teilnahmemöglichkeiten

- kostenfrei im Rahmen des jeweiligen Zeitschriftenabonnements
- individuelle Teilnahme durch den Erwerb von CME-Tickets auf CME.springer.de

Zertifizierung

Diese Fortbildungseinheit ist mit 3 CME-Punkten zertifiziert von der Landesärztekammer Hessen und der Nordrheinischen Akademie für Ärztliche Fort- und Weiterbildung und damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig.

Hinweis für Leser aus Österreich

Gemäß dem Diplom-Fortbildungs-Programm (DFP) der Österreichischen Ärztekammer werden die auf CME.springer.de erworbenen CME-Punkte hierfür 1:1 als fachspezifische Fortbildung anerkannt.

Kontakt und weitere Informationen

Springer-Verlag GmbH
 Fachzeitschriften Medizin / Psychologie
 CME-Helpdesk, Tiergartenstraße 17
 69121 Heidelberg
 E-Mail: cme@springer.com
 CME.springer.de

C. Bartsch¹ · W. Irnich²

¹ Institut für Rechtsmedizin, Universität Zürich

² Fachbereich Medizin, Justus-Liebig-Universität, Gießen

Aktive implantierbare medizinische Geräte

Rechtsmedizinische Aspekte

Zusammenfassung

Aktive implantierbare medizinische Geräte („active implantable medical devices“, AIMD) wie Herzschrittmacher („pacemaker“, PM) und Defibrillatoren („implantable cardioverter-defibrillator“, ICD) erfreuen sich seit nunmehr einem halben Jahrhundert (erste PM-Implantation 1958 von Elmqvist und Senning) resp. mehr als 30 Jahren (erste ICD-Implantation 1980 von Mirowski) steigender Beliebtheit und werden mit zunehmender Häufigkeit eingesetzt. Statistiken zeigen, dass allein in Deutschland jährlich mehr als 98.000, vorwiegend ältere Patienten (mittleres Alter 75 Jahre) einen PM und mehr als 21.000 Menschen einen ICD erhalten. Auf 1 Mio. Einwohner entfallen somit rund 1200 PM und mehr als 260 ICD. Auch im rechtsmedizinischen Obduktionsgut und im Rahmen von Leichenschauen spielen derartige Implantate eine wichtige Rolle. Hier stellt sich bei der Begutachtung u. a. die Frage nach möglicherweise todesursächlichen Komplikationen während und nach Implantation sowie Dysfunktionen der Systeme. Wichtige Details für die forensische Arbeit und den postmortalen Umgang mit diesen Implantaten wie Bildgebung (CT, MRT), Präparationstechnik und Explantation sowie das Auslesen und Interpretieren der gespeicherten Daten werden vorgestellt. Zudem wird auf die Möglichkeit der Leichenidentifikation mithilfe von Implantaten hingewiesen.

Schlüsselwörter

Herzschrittmacher · Implantierbare Kardioverter-Defibrillatoren · Magnetresonanztomographie · „Device“-Entfernung · Telemetrie

Active implantable medical devices · Medico-legal aspects

Abstract

Active implantable medical devices (AIMDs) have become increasingly more popular since Elmqvist and Senning implanted the first pacemaker (PM) in 1958 and the first implantable cardioverter-defibrillator (ICD) was achieved by Mirowski in 1980 and the tendency is still increasing. In Germany more than 98,000, predominantly elderly patients (average age 75 years), have received a PM and more than 21,000 people an ICD. Thus, there is a ratio of approximately 1,200 PMs and over 260 ICDs per 1 million inhabitants. In medicolegal autopsies and postmortem examinations AIMDs are relevant to determine if complications during or after implantation or dysfunction of systems are possible causes of death. In this paper important aspects of correct postmortem handling of such implants by means of imaging methods, such as computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI), autopsy procedures during explantation as well as acquisition of stored data will be presented. Moreover, the use of AIMDs for the identification of deceased individuals will be outlined.

Keywords

Pacemaker, artificial · Implantable cardioverter-defibrillators · Magnetic resonance imaging · Device removal · Telemetry

In Deutschland werden jährlich mehr als 98.000 PM und mehr als 21.000 ICD eingesetzt

Pacemaker werden zumeist rechts präpektoral und ICD nahezu immer links präpektoral implantiert

Das mittlere Patientenalter bei PM-Implantation liegt in Deutschland bei 75 Jahren

► Symptomatische Bradykardien

Die intrakardiale Stimulation ist die für die forensische Tätigkeit wichtigste Herzschrittmacherform

Aktuell verfügbare Geräte haben ein minimales Volumen von 12 cm³ und wiegen etwa nur 27 g

Aufgrund ihrer weiten Verbreitung spielen aktive implantierbare medizinische Geräte („active implantable medical devices“, AIMD) wie Herzschrittmacher („pacemaker“, PM) und Defibrillatoren („implantable cardioverter-defibrillator“, ICD) auch im rechtsmedizinischen Arbeitsumfeld eine wichtige Rolle bei der Begutachtung von Todesfällen und sollten stets in diese einbezogen werden. Im vorliegenden Beitrag werden Basisinformationen zu den Systemen sowie der für die forensische Tätigkeit wichtige postmortale Umgang mit den Implantaten erläutert und insbesondere auf mögliche Komplikationen bei der Explantation eingegangen. Es wird ein Untersuchungsvorgang unter Berücksichtigung neuester diagnostischer Verfahren (Bildgebung) vorgestellt, der dem Leser nach Lektüre dieses Beitrags eine optimierte forensische Begutachtung von Todesfällen mit PM und ICD ermöglichen soll.

Grundlagen

Statistiken zeigen, dass allein in Deutschland jährlich mehr als 98.000, vorwiegend ältere Patienten (mittleres Alter 75 Jahre) PM und mehr als 21.000 Menschen ICD erhalten. Auf 1 Mio. Einwohner entfallen somit rund 1200 PM und mehr als 260 ICD [1, 2]. Grundsätzlich werden je nach Bedarf unterschiedliche Geräte kardiovaskulär implantiert:

- Herzfrequenzanhebung: PM,
- Defibrillation: ICD,
- Resynchronisation beider Ventrikel: Geräte zur Resynchronisationstherapie („cardiac resynchronization therapy“, CRT) und
- Kreislaufüberwachung: Aufzeichnungsgeräte mit Endlosschleife („implantable loop recorder“, ILR).

Im Folgenden werden ausschließlich PM und ICD behandelt, für die als Gruppe das Kürzel „PM/ICD“ verwendet wird. Beiden Systemen gemeinsam ist ein Aggregat mit Batterie, Impulsgeber und Steuerelektronik, das unter die Haut implantiert wird und über am Gehäuse konnektierte, im venösen Gefäßsystem einliegende Elektroden – oder auch Sonden genannt – mit dem Myokard in Verbindung steht. Die Sonden leiten elektrische Impulse vom Aggregat zum Herzen und je nach Sondenkonfiguration (unipolar, bipolar) jene vom Herzen wieder zurück zum Aggregat bzw. Aggregatgehäuse. Während PM zumeist rechts präpektoral bzw. bei Säuglingen auch abdominal subkutan implantiert werden, werden ICD-Aggregate nahezu immer links präpektoral eingesetzt.

Herzschrittmacher

Herzschrittmacher (PM) erfreuen sich seit nunmehr einem halben Jahrhundert (erste PM-Implantation 1958 von Elmqvist und Senning [3]) steigender Beliebtheit und werden mit zunehmender Häufigkeit überwiegend älteren Patienten implantiert. Das mittlere Patientenalter bei Pacemaker-Implantation liegt z. B. in Deutschland bei 75 Jahren [4].

Implantationsindikationen für PM sind grundsätzlich ► **symptomatische Bradykardien**, wie sie bei Erregungsbildungs- und -leitungsstörungen auftreten [atrioventrikulärer (AV-)Block II. und III. Grades, Bradyarrhythmien bei permanentem Vorhofflimmern, Sinusknotensyndrom, paroxysmale Vorhofftachyarrhythmien, Karotissinussyndrom, vasovagale Synkopen, hypertrophe obstruktive Kardiomyopathie, Long-QT-Syndrom, Schlafapnoesyndrom; [5]].

Von allen Stimulationsarten (nichtinvasive transkutane, ösophageale, temporär-venöse) wird die intrakardiale Stimulation durch implantierbare Geräte am häufigsten angewendet und ist somit die für die forensische Tätigkeit wichtigste Form (■ **Abb. 1**). Hierbei wird das Aggregat unter örtlicher Anästhesie oberhalb der rechten (häufiger) oder linken (seltener) Brust unterhalb des Schlüsselbeins zumeist subkutan oder bei sehr schlanken Personen unter den großen Brustmuskel eingelegt. Im Verlauf der PM-Entwicklung sind die Aggregate immer kleiner geworden, aktuell verfügbare Geräte haben ein minimales Volumen von 12 cm³ und wiegen etwa nur 27 g (■ **Abb. 2**; [6]). Die Sonde bzw. Sonden werden unter radiologischer Kontrolle transvenös durch die V. subclavia zum rechten Vorhof bzw. rechten Ventrikel geführt – beim biventrikulären System wird eine dritte, meist unipolare Sonde über den rechten Vorhof durch den Koronarvenensinus bis zur Posterolateralwand des linken Ventrikels vorgeschoben – und je nach Sondenspitze (Anker- oder Schraubsonde) unterschied-

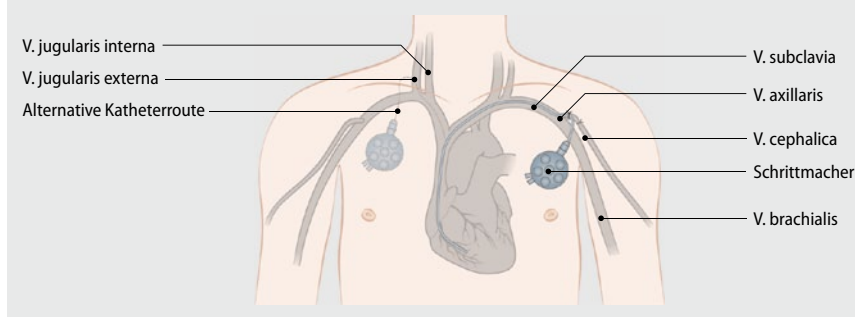


Abb. 1 ▲ Herzschrittmacherelektrodenlage: Schrittmacher werden heute bevorzugt rechts-, Defibrillatoren dagegen linksseitig implantiert.

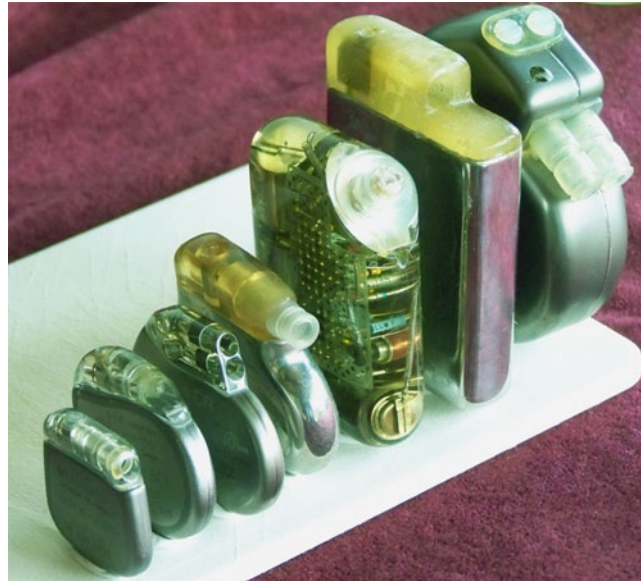


Abb. 2 ► Größenentwicklung der Pacemaker(PM)-Aggregate seit den 1970er Jahren: zweiter PM von rechts ist erster Schrittmacher mit Lithiumbatterien. Erster von rechts ist größter, dritter von rechts kleinster PM mit Quecksilber-Zink-Batterien. (Foto: Werner Irnich)

lich im Myokard fixiert. Anschließend werden die Sonden mit Imbusschrauben am Schrittmachergehäuse konnektiert; es liegen maximal 3 Sondenanschlüsse am Gehäuse vor. Die ersten PM waren bipolar: Zwei Sonden an der Sondenspitze lagen im Herzen. Der Strom wurde vom Aggregat über die differente – wirksame, da die Herzwand berührende – Elektrode zum Myokard und über die indifferente – nicht an der Stimulation beteiligte – Elektrode zurückgeführt. Die später eingeführten dünneren und biegsamen unipolaren Sonden berührten die Herzwand, und der Rückstrom erfolgte über den Körper des Patienten zurück zum Aggregatgehäuse. Die heutigen Systeme stellen eine Kombination aus beiden Elektrodenkonfigurationen dar, da sie unipolar stimulieren, jedoch bipolar ein intrakardiales EKG (IEKG) ableiten. Die bipolare Wahrnehmung hat den Vorteil, weniger durch elektromagnetische Felder gestört zu werden, allerdings sind bipolare Sonden anfälliger gegenüber mechanischen Defekten [7]. Die heutzutage verwendeten PM folgen bezüglich ihrer Bezeichnungen dem ► **NBG-Code** [8]. Sie lassen sich in mehrere Gruppen einteilen, die mit maximal 5 und mindestens 3 Buchstaben abgekürzt bzw. bezeichnet werden (► **Tab. 1**):

1. Der erste Buchstabe gibt den Stimulationsort [A: „atrium“, V: „ventricle“, D: „dual“ (A + V), o: „none“, S: „single“ (für Hersteller)],
2. der zweite den Detektionsort (A, V, D, o, S),
3. der dritte die Reaktion auf Wahrnehmung (I: „inhibited“, T: „triggered“, D: „dual“ (I + T), o: „none“),
4. der vierte die Programmierbarkeit (P: „simple programmable“, M: „multi-programmable“, C: „communicating“) und die Frequenzadaptation (R: „rate modulated“) und
5. der fünfte den Ort der Mehrkammerstimulation (A, V, D (A + V), o: „none“) an.

► NBG-Code

Im Vorhof sollten immer bipolare, im Ventrikel können sowohl unipolare als auch bipolare Sonden verwendet werden

► EKG-Speicher

► Implantationskomplikationen

Thrombosen der V. subclavia, Fibrosierungen der Elektrodeninsertionsstellen und Perforationen durch Elektroden sind späte Komplikationen

► Technische Systemdefekte

► Fehlfunktionen

Eine etablierte Indikation besteht für Patienten, die dem Risiko des plötzlichen Herztods ausgesetzt sind

► Sekundärprophylaxe

► Ventrikuläre Tachyarrhythmien

Das Volumen des kleinsten verfügbaren ICD beträgt nur etwa 29 cm³ bei einem Gewicht von etwa 65 g

► Detektionsalgorithmus

Tab. 1 Aktueller NASPE/BPEG-Code für Pacemaker

Stelle	1.	2.	3.	4.	5.
Bedeutung	Stimulationsort	Registrierungsart	Betriebsart	Frequenzadaptation	Multifokale Stimulation
Inhalt	A (Atrium)	A (Atrium)	T (getriggert)	P („simple programmable“)	A (Atrium)
	V (Ventrikel)	V (Ventrikel)	I (inhibiert)	M („multi-programmable“)	V (Ventrikel)
	D (dual A+V)	D (dual A+V)	D (dual V+I)	C („communicating“)	D (dual A+V)
	S (single A/V)	S (single A/V)	O (keiner)	R („rate modulated“)	O (keine)
	O (keiner)	O (keiner)		O (keine)	

NASPE North American Society of Pacing and Electrophysiology, BPEG British Pacing and Electrophysiology Group.

Im Vorhof sollten immer bipolare und im Ventrikel können sowohl unipolare als auch bipolare Sonden verwendet werden [5]. Einige Schrittmacher verfügen zusätzlich über einen ► **EKG-Speicher**, der die Bedingungen vor und während einer antitachykarden Stimulation festhält. Pacemaker senden je nach Bedarf regelmäßige, kurze (0,2–0,5 ms) und energiearme (1,5–15 µJ) Impulse an das Herz.

► **Komplikationen bei Implantation** gelten grundsätzlich als selten (um 5–6%) und können vom Hämatom in der Operationswunde, über eine Infektion bis hin zu Verletzungen angrenzender Strukturen wie Gefäße, Nerven oder die Lungen mit hieraus resultierendem Pneumothorax reichen. Sondendislokationen oder durch Sonden hervorgerufene Verletzungen von Gefäßen, Herzklappen oder dem Myokard mit der Folge einer Herzbeutel tamponade werden ebenso beobachtet wie Luftembolien während der Implantation. Spätere Komplikationen wie Thrombosen der V. subclavia, Fibrosierungen der Elektrodeninsertionsstellen und späte Perforationen durch Elektroden sind ebenfalls möglich [9, 10, 11, 12]. Wenig ist allerdings bisher über Komplikationen im Verlauf einer PM-Therapie wie z. B. ► **technische Systemdefekte**

und ► **Fehlfunktionen** von Generator und/oder Sonden, die u. U. todesursächliche Bedeutung erlangen, bekannt [13, 14]. Hier wurden z. B. Aggregatsdefekte, Batterieerschöpfung, Sondendefekte und sogar bipolares „sensing“ bei unipolarer Ventrikelelektrode als lebensbedrohliche Komplikationen beobachtet [7]. Letztlich sind auch Implantationsbedingungen wie PM-Lage, Elektrodenkonfiguration und Programmierung der Wahrnehmungsschwelle für die Qualität einer lebenserhaltenden Schrittmachertherapie entscheidend [15]. Auswahl und Programmierung des PM-Systems richten sich nach der Implantationsindikation, sodass für den jeweiligen Patienten individuell angepasste Einstellungen vorgenommen werden sollten. Grundsätzlich kann ein Patient schrittmacherabhängig oder nichtschrittmacherabhängig, also mit zeitweilig regelhaftem Eigenrhythmus, sein.

Implantierbare Defibrillatoren

Defibrillatoren erfreuen sich seit mehr als 30 Jahren (erste ICD-Implantation 1980 von Mirowski [16]) steigender Beliebtheit und werden ebenfalls zunehmend häufig eingesetzt. Die Indikationen zur Implantation eines ICD unterliegen einem ständigen Wandel. Eine etablierte Indikation besteht jedoch für Patienten, die dem Risiko des plötzlichen Herztods, also einem Herzstillstand aufgrund anhaltender ventrikulärer Tachyarrhythmien bzw. eines Kammerflimmerns, ausgesetzt sind. Bei Patienten, die einen Herzstillstand, eine hämodynamische Beeinträchtigung oder eine Synkope aufgrund von ventrikulären Tachyarrhythmien durch den Einsatz einer Defibrillation überlebt haben, sollte in jedem Fall ein ICD zur ► **Sekundärprophylaxe** implantiert werden [17]. Unabhängig von der zugrunde liegenden Herzerkrankung stellen hämodynamisch wirksame ► **ventrikuläre Tachyarrhythmien** eine Indikation dar.

Implantierbare Defibrillatoren sind heutzutage ähnlich aufgebaut wie PM und entsprechen einer Kombination aus beidem. Auch ihre Aggregatgröße hat im Verlauf der Jahre immer weiter abgenommen, sodass sie sich nur schwer von denen der PM unterscheiden lassen. Das Volumen des kleinsten verfügbaren ICD beträgt mittlerweile nur noch etwa 29 cm³ bei einem Gewicht von lediglich etwa 65 g [6]. Sie verfügen zusätzlich über eine Detektionseinheit mit EKG-Speicher und die Möglichkeit, die bei Überstimulation bzw. elektrischer Kardioversion oder Kammerflimmern vorausgegangene EKG-Episode zu speichern. Wird von der Detektionseinheit (Detektionssonde) eine Tachykardie erkannt, startet ein ► **Detektionsalgorithmus**, der abzählt, wie viele tachykarde Periodendauern (z. B. <200/min) von wie viel Periodendauern insgesamt das Tachykardiekriterium erfüllt

Abb. 3 ► Größenverhältnisse implantierbarer Kardioverter-Defibrillator (*links*) und Pacemaker (*rechts*) moderner Aggregate. (Foto: Werner Irnich)



len (z. B. mindestens 12 aus 16, X-aus-Y-Algorithmus), um eine Reaktion auszulösen (Überstimulation oder Schock). Der Schock wird über die Defibrillationselektroden (RV-Elektrode gegen Gehäuse und/oder SVC-Elektrode) an das Myokard weitergeleitet. Während PM relativ regelmäßige, kurze und energiearme Impulse abgeben, werden von einem ICD im Aktivierungsfall längere (2–10 ms), energiereiche (10–40 J bei bis zu etwa 800 V) Schocks körperintern ausgesendet. Auf der Körperoberfläche kommen davon weniger als 100 V an. Im Gehäuse sind je nach System mindestens 3 und maximal 5 Sondenanschlüsse vorhanden. Der Aufbau der Sonden unterscheidet sich von denen eines PM, da sie durch die zusätzliche Integration von 1 bis 2 Defibrillationssonden wesentlich komplexer sind. Dies und die Generatordimensionen (Gehäusestärke), die beim ICD im linearen Maßstab um etwa 50% größer sind, sind wesentliche Unterscheidungskriterien zum PM und dienen als geeignete Erkennungsmerkmale eines ICD, der sich für den „Nichtfachmann“ auf den ersten Blick mittlerweile nicht mehr so deutlich von einem PM unterscheidet (■ **Abb. 3**). Des Weiteren sind auf den Gehäusen kleine Skizzen der konnettierten Sonden zu erkennen, nach denen der ICD aufgrund der Defibrillationselektroden sofort identifiziert werden kann (■ **Abb. 4**). Die Bezeichnungen folgen ebenfalls einem NBG-Code (■ **Tab. 2**; [18]).

Der ICD wird mittlerweile nahezu immer links präpektoral und vorzugsweise intramuskulär oder subfaszial am großen Brustmuskel implantiert. Da das Gehäuse eine Defibrillationselektrode darstellt, ist die linke Position für den Stromfluss günstiger als die rechte Seite. Darüber hinaus haben sich die Implantationstechniken beider Systeme angenähert, sodass sich operativer Eingriff und mögliche Operationskomplikationen grundsätzlich nicht wesentlich voneinander unterscheiden. Dennoch liegt die Komplikationsrate bei der ICD-Implantation aktuell mit 11% noch etwa doppelt so hoch wie die bei PM-Implantation. Möglicherweise lässt die Notwendigkeit einer ► **intraoperativen Testung** einschließlich der Auslösung von Kammerflimmern das Risiko des operativen Vorgangs ansteigen. Dennoch ist bei beiden Eingriffen von einer niedrigen Mortalität auszugehen, die bei ICD-Patienten bei knapp 1% und bei PM-Patienten noch wesentlich darunter (0,25%) liegt [9, 19]. Im Gegensatz dazu liegt die Komplikationsquote bei der ICD-Therapie im Langzeitverlauf deutlich höher, was einerseits an der Komplexität und der hieraus resultierenden technischen Anfälligkeit der ICD-Systeme und andererseits an der Morbidität der ICD-Patienten liegt [6]. Die Rate an Rückrufaktionen („recalls“) ist bei den ICD höher als bei den PM [20]. Letztlich kann es auch bei den ICD im Verlauf zu Systemdefekten und Fehlfunktionen von Generator und/oder Sonden mit letalen Folgen kommen [21].

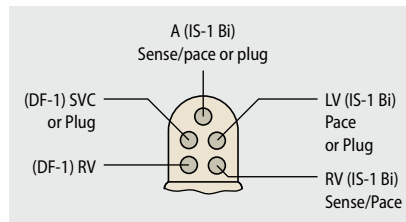


Abb. 4 ▲ Elektrodenskizzen auf dem Aggregat des implantierbaren Kardioverter-Defibrillators. A Atrium, (IS–1 Bi) Sensing und Pacing, bipolar, Plug Stopfen, wenn Eingang nicht benutzt wird, SVC superiore V. cava, (Df–1) Defibrillationselektrode, RV rechter Ventrikel, LV linker Ventrikel, (IS–1 Bi) bipolar, nur pacing, RV rechter Ventrikel, (IS–1 Bi) Sensing und Pacing, bipolar).

Aufbau der Sonden und Generatordimensionen dienen als geeignete Erkennungsmerkmale des ICD

Die Komplikationsrate bei der ICD-Implantation liegt mit 11% noch etwa doppelt so hoch wie die bei PM-Implantation

► Intraoperative Testung

Technische Anfälligkeit der ICD-Systeme und Morbidität der Patienten bedingen die höhere Komplikationsquote im Langzeitverlauf

► Elektromagnetische Interferenzen

Die sehr leistungsstarke elektrostatische, magnetische Kraft der Magnetresonanztomographie kann zu Störungen führen

► Kammerflimmern

Bei der MRT können lebensgefährliche Situationen für den Patienten mit PM/ICD eintreten

► Postmortaler Einsatz

Die genaue Lage der Aggregate und Sonden sowie Firma und Gerätetyp können anhand einer Computertomographie bestimmt werden

Tab. 2 Aktueller NASPE/BPEG-Code für implantierbare Kardioverter-Defibrillatoren

Stelle	I	II	III	IV
Funktions-einheit	Schockkammer	Antitachykardie-Sensing-Kammer	Methode der Tachykardiedetektion	Antibradykardie-Sensing-Kammer
Inhalt	A (Atrium)	A (Atrium)	E (Elektrogramm)	A (Atrium)
	V (Ventrikel)	V (Ventrikel)	H (Hämodynamik)	V (Ventrikel)
	D (Dual A + V)	D (dual A + V)	0 (keine)	D (Dual A + V)
	0 (keine)	0 (keine)		0 (keine)

NASPE North American Society of Pacing and Electrophysiology, BPEG British Pacing and Electrophysiology Group.

Postmortale Bildgebung

Computertomographie und Magnetresonanztomographie

Beim Einsatz bildgebender diagnostischer Verfahren in der Rechtsmedizin, wie Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT), sollten Informationen zu möglichen Einflüssen auf die elektrischen Implantate durch die bildgebenden Geräte – und andersherum der PM/ICD auf die Bildqualität – berücksichtigt werden. Aus klinischen Untersuchungen ist längst bekannt, dass ► **elektromagnetische Interferenzen (EMI)** bei PM/ICD auftreten können. Hierbei kommen mehrere Störquellen infrage. Bei chirurgischen Eingriffen ist es die Katheterablation oder der Einsatz der Elektrochirurgie (z. B. Elektrokauter), aber auch eine elektrokonvulsive Therapie (ECT) und eine Lithotripsie (extrakorporale Schockwellensteinzertrümmerung) können z. B. zu transienten oder permanenten Störungen (Inhibition der asynchronen Stimulation) von PM/ICD führen. Die Durchführung einer transkutanen elektrischen Nervenstimulation und der Schmerzstimulation im medizinischen Bereich sind ebenfalls kritisch zu bewerten [22]. Zudem können – müssen jedoch nicht zwingend – die weit verbreiteten Sicherheitssysteme in Kaufhäusern und z. B. Buchhandlungen zu Störungen der PM/ICD führen [23]. Andere Quellen, wie z. B. die Einnahme von Endoskopiekapseln, die Nähe zu bestimmten Haushaltsgeräten wie einer Mikrowelle oder Schleusen an Flughäfen und ebenso die Verwendung von Mobilfunkgeräten wurden zu Unrecht der Störung bezichtigt. In der Diagnostik spielt v. a. die MRT eine wichtige Rolle, da sie eine sehr leistungsstarke elektrostatische, magnetische Kraft in Verbindung mit gepulsten nieder- und hochfrequenten Feldern besitzt. Aktuelle Untersuchungen haben allerdings gezeigt, dass auch während CT-Untersuchungen bei Patienten mit PM/ICD EMI auftreten können [24].

Bei den im MRT angewendeten Magnetfeldern können die Sonden der PM/ICD als Antennen fungieren und somit zu Fehlfunktionen der Implantate führen. In Fällen von MRT-Untersuchungen bei Patienten mit PM/ICD kann es zu ► **Kammerflimmern** kommen, wenn während der Untersuchung spontane Tachykardien auftreten. Asynchrone Stimulation, Programmierungsänderungen, Beschädigungen der Geräteelemente, Generatorbewegungen und Hitzeschäden am Myokard im Bereich der Sondenspitzen mit möglicher Erhöhung der Stimulationsschwelle oder komplettem Verlust der Wahrnehmung können auftreten [25, 26]. Letztlich können hieraus lebensgefährliche Situationen und schließlich der Tod des Patienten resultieren [27, 28]. Allerdings sind nicht alle in den Übersichtsarbeiten aufgeführten schädigenden Effekte heute noch realistisch [29]. Diese Aspekte sind bei der Begutachtung von Todesfällen mit PM/ICD dringend zu berücksichtigen.

Auf der anderen Seite kann auch der ► **postmortale Einsatz** von CT und MRT einen Einfluss auf die PM/ICD haben. Ganzkörper-CT-Scans, wie sie mittlerweile häufig vor Obduktionen durchgeführt werden, können auch postmortal an bestimmten Gerätemodellen durch Bestrahlung der Geräteelektronik (z. B. der komplementären Metalloxidhalbleiter, CMOS) Funktionsstörungen hervorrufen, wobei die Bestrahlungszeiten und -intensitäten entscheidend sind. Letztlich kann es hierdurch zwar zu einer temporären Störung der PM/ICD kommen, die allerdings auf die Telemetrie und Analyse der Systeme insofern Einfluss haben dürfte, als die Datenspeicher mit Artefakten geladen und tatsächliche Episoden gelöscht werden. In jedem Fall hat ein CT-Scan vor Entnahme der Implantate den Vorteil, dass die genaue Lage der Aggregate und Sonden überprüft sowie die Firma und der Gerätetyp anhand der opaken Codierung bestimmt werden können.

Sollte eine MRT durchgeführt werden, kann es durch die magnetostatische Magnetfeldstärke von bis zu 3 T, die mittlerweile postmortal Anwendung findet, zu einer Änderung in den programmierten Daten und zum „end of service“ mit der Umschaltung auf ein Notprogramm kommen. Davon ab-

gesehen erhält man durch das Scannen von Verstorbenen mit PM/ICD in jedem Fall Bildartefakte in Form von Signalausfällen im Bereich der an die Implantate angrenzenden Körperregionen. Bei Aufnahmen außerhalb dieser Regionen spielen sie für die Bildqualität hingegen keine Rolle. Somit wird empfohlen, die Aggregate und nach Möglichkeit auch die Sonden vor einer MRT zu explantieren.

Präparationstechnik mit Explantation

Zur näheren Untersuchung der PM/ICD müssen diese im Rahmen einer Obduktion aus dem Körper des Leichnams entfernt werden. Eine solche Explantation kann sich, abhängig von der ► **Implantatverweildauer** (durchschnittlich etwa 4 Jahre [7]) eher etwas schwieriger gestalten, da es im Verlauf einer PM/ICD-Therapie zum Einwachsen des Aggregats und mehr noch der Sonden kommen kann. Grundsätzlich gilt, dass der aktivierte ICD im – Gegensatz zum völlig harmlosen PM – aufgrund der bereits angesprochenen enorm hohen Energiemenge (30–40 J bei bis zu 800 V), die auf der Körperoberfläche zu etwa 10% abgegriffen werden kann, eine potenzielle Gefahrenquelle darstellt. Somit müssen letztlich 2 wesentliche Punkte bei der Explantation berücksichtigt werden:

1. Ein Datenverlust der Gerätespeicher soll verhindert werden, da aus den Daten u. a. wichtige Angaben zu Todeszeit und -ursache ausgelesen werden können.
2. Es muss die Sicherheit der explantierenden Person gewahrt werden, da es bei einem einmaligen Impuls von bis zu 100 V/ms Dauer während der Schockabgabe zu heftigen Reflexbewegungen, einer einmaligen Extrasystole und zu Unwohlsein kommen kann. In der Literatur wurden Fälle von Schockabgaben an Personen während der Durchführung von Reanimationsmaßnahmen beschrieben [30, 31]. Hierbei sind allerdings die Spannungen bedeutend höher (bis 600 V). Aus diesem Grund empfehlen die Gerätehersteller grundsätzlich immer eine Deaktivierung des ICD vor Explantation.

Durch Auflage eines ► **Permanentmagneten** mit mindestens 2-mT-Magnetfeld wird die tachykarde Therapie deaktiviert, solange der Magnet dem Gerät aufliegt. Nur mithilfe eines herstellerspezifischen Programmiergeräts kann eine Schockabgabe des ICD dauerhaft unterbunden und das Gerät deaktiviert werden. Dies setzt jedoch voraus, dass die Gerätefirma bekannt und ein Programmiergerät auf die Schnelle besorgt werden kann. Ist weder ein Magnet noch ein Programmiergerät vorhanden, sollte unter Beachtung folgender Gesichtspunkte vorgegangen werden:

1. Solange die Wahrnehmungselektroden im Herzen und in der V. cava unbewegt bleiben, ergeben sich keine Artefakte, die als Tachykardie gedeutet sowie gespeichert werden und zur Schockabgabe führen können. Erst wenn der ICD „glaubt“, durch Bewegen der Sonden tachykarde Signale zu empfangen, beginnt der X-aus-Y-Algorithmus, der nach frühestens 8 s zum Schock führt. Dies unterbleibt in jedem Fall, wenn ein Magnet auf das Gerät aufgelegt wird.
2. Das ICD-Gerät mit seinen Sondenanschlüssen kann in aller Ruhe frei präpariert und aus der Tasche herausgenommen werden. Es empfiehlt sich, Gerät und angeschlossene Sonden auf eine trockene, isolierende Unterlage zu legen.
3. Um die Sondenanschlüsse zu lösen, bedarf es eines Imbusschlüssels der Größe 0,82 mm (US-amerikanische Norm). Ein solcher Schlüssel sollte – nach Möglichkeit mit einem Kunststoffknopf – vorab besorgt werden und liegt in allen implantierenden Kliniken in großer Zahl vor. Mit diesem Schlüssel sollte als Erstes der Anschluss mit der Bezeichnung „RV (IS-1 Bi)“ gelöst und die Sonde aus dem Geräteanschluss herausgezogen werden. Die Sondenanschlüsse sind anhand der auf dem Gehäuse befindlichen Skizze gut charakterisiert (■ **Abb. 4**). Ist kein Imbusschlüssel vorhanden, sollte die besagte Sonde so schnell und so dicht wie möglich am Gehäuse mit einem scharfen Seitenschneider durchtrennt werden. Das rasche Lösen bzw. Durchtrennen der Sonde verursacht dann nur einen kurzen elektrischen Artefakt, der keinen Schock auslösen kann.
4. Als Nächstes werden die Sonde mit „RV (DF-1)“ und dann die Sonde mit „SVC (DF-1)“ entfernt bzw. durchtrennt. Ist dies geschehen, können Schocks kein Unheil mehr anrichten. *Cave:* Wurden die Sonden nicht abgeschraubt, sondern mit dem Verbleib von zentimeterlangen Reststücken durchtrennt, können über die im Gehäuse verbliebenen Enden ohne vorherige Verwendung eines Permanentmagneten Schocks provoziert werden.
5. Wurden alle Sonden vom Gerät entfernt bzw. abgetrennt, kann vom ICD keine Gefahr mehr ausgehen. Abschließend werden die im Körper verbliebenen Sonden ohne weitere Sicherheits-

Aggregate und Sonden sollten vor der postmortalen MRT explantiert werden

► Implantatverweildauer

Der aktivierte ICD stellt aufgrund der enormen Energiemenge eine potenzielle Gefahrenquelle dar

► Permanentmagnet

Nur mithilfe eines Programmiergeräts kann der ICD dauerhaft deaktiviert werden

vorkehrungen bis zu ihrem Verankerungsort frei gelegt und herauspräpariert. Hierbei werden in Fällen hochgradiger Verwachsungen notfalls weitere Durchtrennungen der Sonden notwendig. Dies ist in jedem Fall sinnvoll, um eventuelle Sondenfehlfunktionen zu diagnostizieren. Nach Begutachtung der Elektrodenlage werden diese ebenfalls explantiert und das Myokard von der Insertionsstelle für histologische Untersuchungen asserviert.

Grundsätzlich ist zu beachten, dass vom ICD-Gehäuse so lange kein Schockstrom zum Explanteur fließen kann, wie dieser sowohl den Leichnam als auch den Stahlobduktionstisch ausschließlich mit einer Hand berührt, während die andere Hand davon isoliert z. B. in einer Kleidungs tasche gehalten wird (Linke-Hand-Regel der Elektrotechnik). Letztlich können vom Explanteur zusätzlich 2 Paar feste Handschuhe – am besten ► **isolierende Neoprenhandschuhe** – angelegt werden, mit denen er den Leichnam dann auch beidhändig berühren kann [32]. Regeln wie die, dass der Explanteur immer Schuhe mit dicker Gummi- oder Holzsohle tragen sollte, sind verfehlt, da der ICD als „schwebendes Gerät“ keinen Bezug zur „Erde“ hat. Zum Versenden von PM/ICD sollten Sonden und Generator möglichst sauber und frei von Geweberesten sein [33]. Ein ICD mit Sondenresten sollte nach Möglichkeit gut isoliert, z. B. in 2 Lagen Handschuhen (bevorzugt Neopren), und die Sonden in z. B. Asservationstüchchen zur Auswertung versendet werden.

Postmortale Telemetrie und Datenanalyse

Das postmortale Auslesen der Daten eines ICD kann u. U. nähere Hinweise zum Todeszeitpunkt und zur Todesursache liefern. Im Rahmen eines Forschungsprojekts wurde in den Jahren 2002 bis 2004 an der Universität Gießen unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. W. Irnich Untersuchungsverfahren entwickelt, die direkt am Leichnam zur Entdeckung von Fehlfunktionen durchgeführt werden konnten. Diese Methodik hat sich in der Praxis aufgrund ihres hohen technischen Aufwands nicht durchgesetzt. Die explantierten Geräte sollten in ein kardiologisches Labor zum Auslesen der gespeicherten Daten versendet werden. Neben den programmierten physikalischen Parametern, den Verlaufsbeobachtungen und persönlichen Daten, die leider häufig unvollständig sind, können auch Ereignisspeicher existieren, die Rückschlüsse auf die Funktionalität erlauben. Bei ICD werden die EKG-Episoden gespeichert, die zum Auslösen von Schocks geführt haben mit der Information, ob sie wirksam waren.

Die Sonden sollten optisch daraufhin überprüft werden, ob die Isolation intakt ist. Mit einem ► **Ohmmeter** kann zudem geprüft werden, ob die Zuleitungen durchgängig sind und kein Kurzschluss zwischen den Zuleitungen existiert. Darüber hinaus kann mithilfe einer Lupe nach einer Kerbe am Anschlussstift gesucht werden, die als Bestätigung für gute Konnektion gilt, da sie durch eine fest angezogene Imbusschraube entsteht.

Telekardiologie

Moderne PM und ICD besitzen im Gerät einen Sender, der in kritischen Situationen Signale an ein bis zu 2 m entferntes Überwachungsgerät abgibt, das wie ein Mobilfunkgerät arbeitet. Dieses Netzwerk ermöglicht es, beim Auftreten einer lebensbedrohlichen Krankheitszuspitzung automatisch Patienten- und Gerätedaten an den behandelnden Arzt oder die Herstellerfirma zu übermitteln. Diese Überwachung ist unabhängig vom Aufenthaltsort des Patienten, solange er das Überwachungsgerät bei sich hat [34, 35]. Zurzeit wird sie nur von den Firmen Biotronik (unter Home-Monitoring) und Medtronic (unter Carelink) geliefert. Für die rechtsmedizinische Beurteilung von Todesfällen mit PM/ICD eröffnet sich hierdurch die Möglichkeit, direkter an die kardiale Situation zum Todeszeitpunkt und somit an Informationen zur Todesursache zu gelangen.

Leichenidentifikation

Wegen ihrer Konfiguration können PM/ICD bei der Identifikation von Verstorbenen hilfreich sein, v. a. im Fall einer groben Leichenzerstörung wie z. B. nach Brandzehrung durch Hitzeeinwirkung. Aufgrund ihrer Hitzestabilität können sie anhand ihrer im Gehäuse eingravierten Seriennummer auch nach Brandeinwirkung identifiziert und der verstorbenen Person entweder mithilfe eines erhalten gebliebenen Ausweises oder durch Bestimmung der Implantationsklinik über den Hersteller

► Isolierende Neoprenhandschuhe

Zum Versenden von PM/ICD sollten Sonden und Generator möglichst sauber und frei von Geweberesten sein

Das postmortale Auslesen der Daten kann nähere Hinweise zum Todeszeitpunkt und zur Todesursache liefern

Ereignisspeicher können Rückschlüsse auf die Funktionalität erlauben

► Ohmmeter

Bei modernen Geräten gibt ein Sender in kritischen Situationen Signale an ein bis zu 2 m entferntes Überwachungsgerät ab

Anhand der im Gehäuse eingravierten Seriennummer können verstorbene Personen über die Implantationsklinik identifiziert werden

zugeordnet werden. Genaue Informationen zum Gerätetyp (Hersteller) und allenfalls zum Modell können dem ► **Schrittmacherausweis**, einem Röntgen- oder CT-Bild oder allenfalls mitgelieferten Krankenunterlagen entnommen werden. Somit können sie besonders in Fällen, in denen keine andere sichere Methode zur Anwendung kommen kann, da weder Verwandte für einen DNA-Abgleich noch ein Wohnsitz zur Asservation individualspezifischer Gegenstände (Zahn-, Haarbürste, Rasierer etc.) bekannt sind und/oder am Leichnam aufgrund starker Entstellung bzw. Zerstörung – wie z. B. nach Brandzehrung – keine weiteren individualisierenden Merkmale (Zähne etc.) vorhanden sind, wichtige Dienste leisten [35].

Fazit für die Praxis

Forensische Aspekte bei der Begutachtung

Im Vordergrund der postmortalen Untersuchung von Verstorbenen mit PM/ICD stehen Fragen nach möglicherweise todesursächlichen Implantationskomplikationen oder Dysfunktionen der Systeme, die im abschließenden Gutachten beantwortet werden müssen. Im Folgenden wird eine Checkliste für das postmortale Untersuchungsverfahren jener Verstorbenen unter Berücksichtigung moderner diagnostischer Techniken vorgestellt:

1. Äußere Leichenschau.
2. Computertomographie-Scan (falls vorhanden).
3. Aggregatexplantation und nach Möglichkeit auch Sondenexplantation, bei ICD allerdings vorher *unbedingt* Sicherheitsmaßnahmen für Personen und gegen Datenverlust beachten:
 1. Auslesen der Daten und Deaktivierung durch gerätespezifisches Programmiergerät oder
 2. PM/ICD-Permanentmagnet zur Deaktivierung auflegen oder
 3. PM/ICD-Imbusschraubenzieher zur Sondendiskonnektion verwenden oder
 4. Durchtrennung aller Sonden (*beim ICD zuerst Detektionssonde/n!*) mit Seitenschneider ohne Artefakte durch Bewegung der Sonden zu erzeugen.
 5. Für gute Isolationsbedingungen sorgen (doppeltes Paar Handschuhe, kein Körperkontakt zum Stahltisch), wenn beidhändig gearbeitet werden muss.
 6. Entnahme des Generators.
 7. Leichter Zug an Sonden zur eventuellen Mobilisation ohne Freilegung, sonst vorsichtig frei präparieren.
4. Magnetresonanztomographie-Scan (falls vorhanden).
5. Obduktion mit Explantation der eingewachsenen Elektroden nach Freilegung und Präparation.
6. Gut isolierte Verpackung der PM/ICD (besonders ICD) und Extraverpackung für Sonden zur Versendung an auswertende Stelle.

Korrespondenzadresse

Dr. C. Bartsch



Institut für Rechtsmedizin, Universität Zürich
Winterthurerstr. 190/52, 8057 Zürich
christine.bartsch@irm.uzh.ch

Danksagung. Gedankt wird MTRA Nicole Schwendener für ihre unterstützenden Anmerkungen zum Thema postmortale Bildgebung.

Interessenkonflikt. Die korrespondierende Autorin gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1. Brugada J, Vardas P, Wolpert C (2010) The EHRA White Book 2009. <http://www.escardio.org/communities/EHRA/publications/Documents/ehra-white-book-2009.pdf>. Zugriffen 29. August 2010
2. Markewitz A (2010) Das Deutsche Herzschrittmacher-Register. *Herzschrittmacher-Register. Herzschrittmacher-Register* 21:248–255
3. Elmqvist R, Senning A (1960) An implantable pacemaker for the heart. In: Smyth CN (Hrsg) *Medical electronics. Proceedings of the Second International Conference, Paris 1959*. Illife, London

► Schrittmacherausweis

4. Wiegand UKH, Lemke B, Nowak B (2010) Wissenschaftliche Ergebnisse des Herzschrittmacherregisters. *Herzschr Elektrophys* 21:160–165
5. Lemke B, Nowak B, Pfeiffer D (2005) Leitlinien zur Herzschrittmachertherapie. *Z Kardiol* 94:704–720
6. Stockburger M (2008): Ein- und Zweikammer-ICD: Sind die Unterschiede zum Schrittmacher in Implantation und Nachsorge heutzutage noch bedeutsam? *Herzschr Elektrophys* 19 S:6–13
7. Bartsch C, Irnich W, Junge M et al (2005) Post-mortem evaluation of 415 pacemakers: in situ measurements and bench tests. *Europace* 7:175–218
8. Bernstein AD, Daubert JC, Fletcher RD et al (2000) The revised NASPE/BPEG generic for antibradycardia, adaptive-rate, and multisite pacing. *Pacing Clin Electrophysiol* 25:260–264
9. Link MS, Estes NAM, Griffin JJ et al (1998) Complications of dual chamber pacemaker implantation in the elderly. *J Interv Cardiac Electrophysiol* 2:175–179
10. Kolb C (2007) Strategien zur Vermeidung und Behandlung von Komplikationen der Herzschrittmacherimplantation. *Herzschr Elektrophys* 18:234–242
11. Satpathy R, Hee T, Esterbrooks D, Mohiuddin S (2008) Delayed defibrillator lead perforation: an increasing phenomenon. *Pacing Clin Electrophysiol* 31:10–12
12. Refaat MM, Hashhash JG, Shalaby AA (2010) Late perforation by cardiac implantable electronic device leads: clinical presentation, diagnostic clues, and management. *Clin Cardiol* 33:466–475
13. Bartsch C, Irnich W, Risse M et al (2003) Postmortem in situ diagnosis of pacemakers and electrodes to detect dysfunction. *Leg Med (Tokyo)* 5(Suppl 1):397–400
14. Nägele H, Hashagen S, Azizi M et al (2007) Analysis of terminal arrhythmias in the memory of pacemakers from patients dying suddenly. *Europace* 9:380–384
15. Irnich W, Bartsch C, Vock J (2011) Investigation of pacemaker position, lead configuration, and sensitivity setting in pacemakers of 579 deceased patients. *Europace* 13:96–101
16. Mirowski M, Mower MM, Reid PR (1980) The automatic implantable defibrillator. *Am Heart J* 100:1089–1092
17. Seidl K, Strauss M, Kleemann T (2010) ICD-Therapie zur Sekundärprävention. *Herzschr Elektrophys* 21:96–101
18. Bernstein AD, Camm AJ, Fisher JD et al (1993) North American Society of Pacing and Electrophysiology policy statement. NASPE/BPEG generic defibrillator code (NBG-Code). *Pacing Clin Electrophysiol* 16:1776–1780
19. Reynolds MR, Cohen DJ, Kugelmass AD et al (2006) The frequency and incremental cost of major complications among medicare beneficiaries receiving implantable cardioverter-defibrillators. *J Am Coll Cardiol* 47:2493–2497
20. Maisel WH, Sweeney MO, Stevenson WG et al (2001) Recalls and safety alerts involving pacemakers and implantable cardioverter-defibrillator generators. *JAMA* 286:793–799
21. Junge M, Weckmüller J, Nägele H, Püschel K (2002) Natural death of a patient with a deactivated implantable-cardioverter-defibrillator (ICD). *Forensic Sci Int* 125:172–177
22. Volkmann H (2004) Störbeeinflussung von implantierten Herzschrittmachern im medizinischen Bereich. *Herzschr Elektrophys* 15:65–72
23. Irnich W (2002) Electronic security systems and active implantable medical devices. *Pacing Clin Electrophysiol* 25:1235–1258
24. Hirose M, Tachikawa K, Ozaki M et al (2010) X-ray radiation causes electromagnetic interference in implantable cardiac pacemakers. *Pacing Clin Electrophysiol* 33:1174–1181
25. Yerra L, Reddy C (2007) Effects of electromagnetic interference on implantable cardiac devices and their management. *Cardiol Rev* 15:304–309
26. Halshtok O, Goitein O, Sham RA et al (2010) Pacemakers and magnetic resonance imaging: no longer an absolute contraindication when scanned correctly. *Isr Med Assoc J* 12:391–395
27. Irnich W, Irnich B, Bartsch C et al (2005) Do we need pacemakers resistant to magnetic resonance imaging? *Europace* 7:353–365
28. Roguin A (2009) Magnetic resonance imaging in patients with implantable cardioverter-defibrillators and pacemakers. *J Am Coll Cardiol* 54:549–555
29. Irnich W (2010) Risks to pacemaker patients undergoing magnetic resonance imaging examinations (editorial). *Europace* 12:918–920
30. Lechleuthner A (1995) Electric shock to paramedic during cardiopulmonary resuscitation of patient with implanted cardiodefibrillator. *Lancet* 345:253
31. Clements PA (2003) Hazards of performing chest compressions in collapsed patients with internal cardioverter defibrillators. *Emerg Med J* 20:379–380
32. Räder SBE, Zeijlemaker V, Pehrson S, Svendsen JH (2009) Making post-mortem implantable cardioverter defibrillator explantation safe. *Europace* 11:1317–1322
33. Walley VM, Bourke ME, Green M et al (1998) Implantable cardioverter-defibrillators and the pathologist: comment and cautionary notes. *J Forensic Sci* 43:969–973
34. Varma N, Epstein A, Schweikert R et al (2008) Evaluation of efficacy and safety of remote monitoring for ICD follow-up: the TRUST trial. *Circulation* 118:2309–2317
35. Schoenfeld MH, Compton SJ, Mead RH et al (2004) Remote monitoring of implantable cardioverter defibrillators: a prospective analysis. *Pacing Clin Electrophysiol* 27:757–763
36. Sathyavagiswaran L, Selser SF, Ferguson E, Danialzadeh E (1992) Using pacemakers to identify decedents. *J Forensic Sci* 37:955
37. Netter FH (1976) *Farbatlant der Medizin*, Bd 1: Herz. Thieme, Stuttgart

CME-Fragebogen

kostenfreie Teilnahme für Abonnenten

Bitte beachten Sie:

- Antwortmöglichkeit nur online unter: CME.springer.de
- Die Frage-Antwort-Kombinationen werden online individuell zusammengestellt.
- Es ist immer nur eine Antwort möglich.

Welche Aussage zu aktiven implantierbaren elektronischen Geräten (AIMD) trifft zu?

- ☐ Aktive implantierbare elektronische Geräte wie PM und ICD werden seit nunmehr einem halben Jahrhundert implantiert.
- ☐ Allen AIMD gemeinsam ist, dass sie unter die Haut implantiert werden.
- ☐ Zu AIMD zählen PM, ICD, „cardiac resynchronization therapy“ (CRT) und „implantable loop recorder“ (ILR).
- ☐ Auf 1 Mio. Einwohner entfallen in Deutschland etwa 1200 AIMD.
- ☐ Das mittlere Implantationsalter für AIMD liegt in Deutschland bei 75 Jahren.

Welche Aussage zu Implantationsindikationen für PM und ICD trifft zu?

- ☐ Implantationsindikationen für PM sind grundsätzlich symptomatische tachykarde Herzrhythmusstörungen.
- ☐ Die hypertrophe obstruktive Kardiomyopathie stellt keine Implantationsindikation für einen PM dar.
- ☐ Das Karotissinussyndrom stellt eine Implantationsindikation für einen ICD dar.
- ☐ Hämodynamisch wirksame ventrikuläre Tachyarrhythmien stellen stets eine Implantationsindikation für einen ICD dar.
- ☐ Das Schlafapnoesyndrom stellt grundsätzlich keine Implantationsindikation für einen PM dar.

Welche Aussage zu PM trifft zu?

- ☐ Ein PM wird gleichermaßen häufig links und rechts präpektoral implantiert.
- ☐ Ein PM wird stets unter Leitungsanästhesie implantiert.
- ☐ Im Vorhof sollten unipolare und im Ventrikel können sowohl unipolare als auch bipolare Sonden verwendet werden.
- ☐ Die Komplikationsrate von PM-Implantationen liegt bei etwa 11%.
- ☐ Die ersten PM waren bipolar.

Welche Aussage zu ICD trifft zu?

- ☐ Das Volumen des kleinsten verfügbaren ICD beträgt mittlerweile nur noch 12 cm³.
- ☐ Die ICD verfügen zusätzlich über eine Detektionseinheit mit EKG-Speicher.
- ☐ Im Aktivierungsfall werden vom ICD Impulse in einer Stärke von 10–20 J abgegeben.
- ☐ Ein ICD besitzt meistens 2 bis 3 Sondenanschlüsse.
- ☐ Ein ICD besitzt nahezu immer 2 Defibrillationssonden.

Welche Aussage zum Vergleich zwischen PM und ICD trifft nicht zu?

- ☐ Ein ICD wird im Vergleich zu einem PM nahezu immer links präpektoral implantiert.
- ☐ Die Komplikationsrate von ICD-Implantationen liegt etwa gleich hoch wie die von PM.
- ☐ Die Mortalität von ICD-Patienten liegt etwas höher als die von PM-Patienten.
- ☐ Die Rate an Rückrufaktionen („recalls“) ist bei den ICD höher als bei den PM.
- ☐ Ein PM kann 3 Sondenanschlüsse aufweisen.

Die Geräte der postmortalen Bildgebung wie Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT) ...

- ☐ haben nahezu keinen Einfluss auf AIMD.
- ☐ haben etwa den gleichen Einfluss auf AIMD wie Haushaltsgeräte (z. B. Mikrowellen) oder Mobilfunkgeräte.
- ☐ können zu transienten und permanenten Störungen der AIMD führen.
- ☐ besitzen in Bezug auf die AIMD keinen diagnostischen Wert.
- ☐ sollten bei Verstorbenen mit AIMD möglichst erst nach Explantation der Geräte zum Einsatz kommen.

Bei Verstorbenen mit PM oder ICD ...

- ☐ geben die Implantate aufgrund ihrer EKG-Speicher stets Aufschluss über Todeszeit und -ursache.
- ☐ stellen die Implantate eine potenzielle Gefahrenquelle für alle Kontaktpersonen dar.
- ☐ werden die postmortalen Untersuchungen durch die Implantate nicht beeinflusst.
- ☐ werden die Implantate mit in die Begutachtung einbezogen.
- ☐ verbleiben die Implantate im Körper, da sie den Angehörigen gehören.

Bei der Präparation mit Explantation von PM und ICD ...

- ☐ sind mindestens 3 wesentliche Punkte zu berücksichtigen.
- ☐ sollte immer ein Permanentmagnet zum Einsatz kommen.
- ☐ sind unbedingt Imbusschraubenzieher für die Sondenentfernung zu verwenden.
- ☐ müssen die Daten vor Explantation mit einem gerätetypischen Programmiergerät ausgelesen werden.
- ☐ stellt der ICD eine potenzielle Gefahrenquelle für die explantierende Person dar.

Zu den potenziell lebensbedrohlichen Dysfunktionen von PM und ICD zählen *nicht*:

- ☐ Aggregatdefekte
- ☐ Batterieerschöpfung
- ☐ Kammersondendefekte
- ☐ Bipolares Sensing bei unipolarer Ventrikelsonde
- ☐ Sondendislokationen

Zur postmortalen Telemetrie ...

- ☐ kann über Empfänger in modernen PM und ICD Kontakt zu Überwachungsgeräten hergestellt werden.
- ☐ werden direkt am Leichnam Untersuchungen zum Auslesen der Daten zwecks Entdeckung von Fehlfunktionen der Geräte durchgeführt.
- ☐ können programmierte physikalische Parameter sowie Verlaufsbeobachtungen und persönlichen Daten immer vollständig ausgelesen werden.
- ☐ gehören in einigen Fällen auch Kurzschlussreaktionen über Sonden.
- ☐ sollten explantierte Geräte in einem kardiologischen Labor untersucht werden.

Diese Fortbildungseinheit ist 12 Monate auf CME.springer.de verfügbar. Den genauen Einsendeschluss erfahren Sie unter CME.springer.de



CME.springer.de

 Springer Medizin

CME.Tickets: Zertifizierte Fortbildung für alle!

Auf CME.springer.de stehen Ihnen über 300 jährlich wechselnde Fortbildungseinheiten aus über 30 Bereichen der Medizin zu Verfügung. Punkten Sie jetzt online auf CME.springer.de!

➤ 1. Teilnahmemöglichkeiten:

- kostenfrei im Rahmen des jeweiligen Zeitschriftenabonnements
- individuelle Teilnahme durch den Erwerb von CME.Tickets auf CME.springer.de.

➤ 2. CME.Ticket erwerben

Auf CME.springer.de haben Sie 2 Möglichkeiten CME.Tickets zu erwerben:

- CME.Ticket bestellen: Klicken Sie auf *Bestellen* > *CME.Ticket* und erwerben Sie hier Ihre individuelle Teilnahmemöglichkeit

- CME.Ticket im Beitragsumfeld kaufen und einlösen: Sobald Sie an einem Beitrag außerhalb Ihres Abonnements teilnehmen möchten, erscheint der Hinweis *CME.Ticket bestellen*. Nach dem Erwerb des CME.Tickets können Sie an der gewünschten Fortbildungseinheit teilnehmen.

Punkten Sie online!

Bei Fragen hilft Ihnen unser Helpdesk gerne weiter: CME@springer.com

CME.springer.de